心理科学进展 2018, Vol. 26, No. 3, 518–526
Advances in Psychological Science DOI: 10.3724/SP.J.1042.2018.00518

虚拟现实技术与自闭症谱系障碍治疗：科技新希望*

林弋琪[1] 王 希[2,3] 彭凯平[1,2] 倪士光[3]

([1]清华伯克利深圳学院, 深圳 518055) ([2]清华大学心理学系, 北京 100084)
([3]清华大学深圳研究生院, 深圳 518055)

摘 要 自闭症谱系障碍(autism spectrum disorders, ASD)治疗是心理治疗的重要研究部分, 但传统干预心理疗法有其局限性。随着虚拟现实(Virtual Reality, VR)技术的发展, 虚拟现实技术被广泛应用于心理治疗领域并展现出独特的优势。文章探讨了虚拟现实技术在自闭症谱系障碍治疗中的可行性, 归纳总结了其在自闭症谱系障碍治疗中的最新应用, 分析了虚拟现实技术应用于自闭症谱系障碍治疗过程中技术、实验方法和人的多样化带来的挑战。未来这一方向的研究可以致力于研究更透彻的生理机制、注重虚拟现实技术的提升、采用人工智能等高端科技以及实现系统普适化和定制化的双向发展。

关键词 虚拟现实技术; 自闭症谱系障碍; 心理治疗
分类号 R395

1 问题的提出

自闭症谱系障碍(autism spectrum disorders, ASD)是一种神经发育疾病, 特征表现为社交、语言、行为以及认知功能上的障碍(Wang et al., 2017), 并且还有很高几率出现一系列伴随症状(Jang et al., 2013), 包括紧张性抑郁障碍(Breen & Hare, 2017)、注意缺陷、多动障碍(Matson, Rieske, & Williams, 2013)等。ASD 儿童患者不仅表现出不同程度的社会交流缺陷, 包括语言交流和非语言交流困难, 而且存在社会情感交互缺陷, 他们不能正确解读面部表情, 在情感的自我控制上也存在困难(Ip et al., 2016)。患有 ASD 的年轻人与患有其他种类疾病的年轻人相比, 就业参与率明显偏低。同时, 患有 ASD 的年轻人更难拥有高等教育机会, 如果他们来自低收入家庭, 会导致更高的低收入风险(Shattuck et al., 2012)。传统的 ASD 心理治疗多为集中进行的行为康复训练, 由于缺少专业培训的治疗师, 干预成本很高, 这一方法对于大多数 ASD 患者都是不可行的(Bekele et al., 2013)。因此, 我们需要探究新的治疗自闭症谱系障碍的有效方法。

1.1 虚拟现实技术的发展

虚拟现实(virtual reality, VR)是使用交互式软件和硬件创造的逼真且具有沉浸感的三维环境, 用户可以通过身体的运动来控制和体验虚拟场景(Riva, 2009)。虚拟现实技术作为交叉学科的产物, 经过技术的突破和更迭, 逐渐成为一门以计算机科学和技术为基础, 与人机交互技术、三维图像技术、传感技术、伺服技术等多种技术相结合的新兴学科。

随着虚拟现实技术的不断成熟, 其逐渐被应用于军事、工业、医学、教育等各个领域, 近年来在心理治疗领域的应用也有重大的发展(姚玲玉, 李晶, 2016)。由于虚拟现实技术通过构造的虚拟世界来触发人生理和心理的反应, 外界不可控因素很少, 因此极大程度上保障了患者的安全, 使得患者可以大胆地尝试和探索(游立雪, 李勋祥, 2016)。虚拟现实技术不仅能营造出逼真的画面, 还能模拟出声音、味道, 通过相关设备和传感技术与患者进行交互, 给予患者全方位的感官刺激

收稿日期: 2017-06-27
* 广东省自然科学基金青年项目(2015A030310215), 深圳市 2017 年科技计划项目基础研究(自由探索)(JCYJ20170307153032483), 深圳市教育科学“十三五”规划 2016 年招标重点课题(zdzz16002)的资助。
通信作者: 彭凯平, E-mail: pengkp@mail.tsinghua.edu.cn;
倪士光, E-mail: ni.shiguang@sz.tsinghua.edu.cn

(姚玲玉, 李晶, 2016), 激发出像在真实情景一样的感情, 同时还可以通过计算机手段操纵场景中的触发诱因, 针对患有不同精神问题的患者进行不同的触发或针对单个患者进行不同程度的触发(Valmaggia, Latif, Kempton, & Rus-Calafell, 2016)。基于这些优点, 虚拟现实技术被用于治疗蜘蛛恐惧症(Shiban, Schelhorn, Pauli, & Mühlberger, 2015)、牙科恐惧症(Raghav et al., 2016)、恐高症(Levy, Leboucher, Rautureau, & Jouvent, 2016)、创伤后应激障碍(Botella, Serrano, Baños, & Garcia- Palacios, 2015)、精神分裂症(Sohn et al., 2016)、边缘人格障碍(Nararro-Haro et al., 2016)等心理疾病, 并初步证明了其有效性。

1.2　虚拟现实技术用于自闭症谱系障碍治疗的优势

科技为人类心理问题的解决提供了更多路径。虚拟现实技术在自闭症谱系障碍的治疗中也有了有效的探索应用。除了上文论述的虚拟现实技术应用于心理治疗的普遍优点之外, 虚拟现实技术应用于自闭症谱系障碍的治疗还有其独特优势。

传统的自闭症谱系障碍的疗法包括生物取向疗法、应用行为分析训练、游戏取向疗法等(肖福芳, 申荷永, 2010)。生物取向疗法主要是采用药物和补充剂对 ASD 患者进行治疗, 这种治疗方法虽然简单, 但只针对少部分患者有效, 适用面较窄。应用行为分析训练(applied behavior analysis, ABA)则更为普遍, 主要采用一名训练者指导一名患者的方式进行离散式教学, 在教学环节中, 任务的分解和强化是关键, 因此, 需要有专业能力的训练者进行指导(孔存慧, 侯佳, 徐大真, 2009)。同时, ABA 训练要求每周进行 30 到 40 小时的高强度训练以期形成条件反射, 大大增加了时间成本和金钱成本。这种训练方法尽管被证明有较好的治疗效果, 但是由于剥夺了 ASD 患者的自主性, 反而不利于 ASD 患者的社会发展。游戏取向疗法则是用游戏的方法对 ASD 患者进行治疗, 如美国流行的“地板时间”就是通过象征游戏来进行患者的心理干预, 一方面可以增加孩子的兴趣和想象力, 另一方面也能提高孩子情感表达的能力(杨广学, 尤娜, 2008), 但这种方法对父母的要求很高, 需要父母在各个游戏环节有意识地进行科学地引导。

相比于传统的 ASD 疗法, 虚拟现实提供了一个对绝大部分 ASD 患者都适用的练习动态的、真实的社交场景的平台。沉浸式的虚拟现实环境能激发 ASD 患者的想象力和参与意愿, 让他们在虚拟场景中主动进行探索和体验, 同时虚拟现实技术用一种安全可控的方式展现出了逼真的生活场景, 并且可以低成本地反复暴露和学习, 这恰恰是治疗的关键所在(Kandalaft, Didehbani, Krawczyk, Allen, & Chapman, 2013)。此外, 不同于传统面对面交流, 在虚拟现实技术所提供的社交环境中, ASD 患者不必担心错误和拒绝, 也不会有高强度的焦虑, 从而拥有更强的参与意愿, 并通过不断地练习掌握正确的社交技巧和回应方式, 建立起与他人维持关系的信心, 进而起到很好的治疗效果。

2　虚拟现实技术在自闭症谱系障碍治疗中的最新应用

虚拟现实技术作为自闭症谱系障碍治疗的有效手段, 应用越来越广泛。近 5 年的相关研究表明, 虚拟现实技术在针对 ASD 患者的特定恐惧治疗、情绪识别治疗、社会功能治疗方面都取得了不错的成果。

2.1　特定恐惧治疗

焦虑在 ASD 儿童群体中非常普遍(Jitlina et al., 2017), 其中通常会有的症状就是对特定对象会产生害怕或恐惧。这种特定恐惧会带来很大的危害, 严重阻碍学习和日常生活, 使人逃避日常生活, 减少社交机会。

Maskey, Lowry, Rodgers, McConachie 和 Parr (2014)提出了一种将传统认知行为治疗和虚拟现实环境中的逐渐暴露相结合的治疗方法。参与实验的是 9 个 7~13 岁并患有 ASD 的男孩, 且语言流利、无学习障碍。 该实验中采用 Third Eye 技术来创建了一个名为“Blue room”的有声虚拟环境。房间中, 有声虚拟图片被投影到房间的墙壁和房顶, 实现 360 环绕。参与者不需要佩戴耳机护目镜, 可以在屋内随着场景变化任意地行走和互动。

实验开始前研究人员要拜访每一个被试患者, 给他们介绍认知行为治疗方法, 包括如何确认自己的情感以及如何评估和描述自己的焦虑状态, 同时给被试进行 45 分钟的方法训练, 包括放松、深呼吸、用积极的想法面对焦虑等。此后将预留出几周的时间由技术人员针对单个人的特定焦虑情况进行特定的虚拟现实场景(图 1)设定。每个参

与者进行两次实验，历时两个半天，每次实验有两段 20~30 分钟的训练，之间 15 分钟休息。实验中逐渐暴露疗法的设置通过焦虑刺激的加强来实现。比如对于害怕购物的儿童，治疗开始阶段，只是需要走进一个空的商店，并把商品交给收银员即可。这个行为可以被重复数次，同时治疗专家将检查该儿童对自己的焦虑的评估，了解他们身体的感觉和他们的想法。通过这样的训练，患者会慢慢明白，他可以通过呼吸和伸展运动来平复身体的紧张感，并对这种曾经非常恐惧的情形慢慢产生自信。在这个基础上，4 段训练将逐渐增加挑战难度，比如在购物场景中，在保证患者舒适和放松的情况下增加商店店员语言交流的长度。

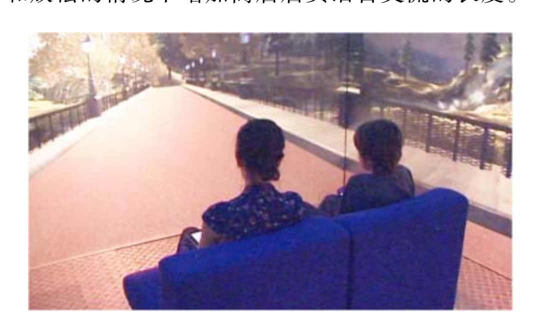


图 1 虚拟现实治疗中的一个场景
(图片来源：Maskey et al., 2014)

治疗之后，9 名儿童中有 8 名能够妥善处理让自己恐惧的场景，其中 4 个完全克服了自己的恐惧，这一治疗效果保持到 12 个月后。这一研究证明，在虚拟现实环境下的认知行为治疗对自闭症谱系障碍儿童的特定恐惧行为是很有效的治疗方法。

2.1 情绪识别治疗

ASD 患者表现出强烈的、普遍的面部表情识别障碍，在成长过程中，这种障碍会愈加明显(Lozier, Vanmeter, & Marsh, 2014)。研究表明，即使 ASD 患者很聪明并且有很好的记忆力，他们经常会在启动执行功能的时候存在困难，同时他们在社交能力上也有缺陷，尤其是因为情感缺陷不能维持共情关系，也不能识别对方的情绪。这些缺陷都导致他们对规则和对话的理解能力很弱，且猜测对方感受的能力不足，这使得他们在与人交往过程中常常会表现出一种漠不关心的态度(Campatelli, Federico, Apicella, Sicca, & Muratori, 2013)。因此，在针对 ASD 的治疗中，如何提高 ASD 患者从面部表情中推断出对方的情绪状态的能力成为了一个研究的主要方向(Wingenbach, Ashwin, & Brosnan, 2017)。

Bekele 等人(2013)将 10 个患有 ASD 和 10 个不患有 ASD 的 13~17 岁青少年分别作为实验组和对照组，研究了 ASD 患者在情绪识别过程中的眼神关注点与非 ASD 患者的不同。利用眼动跟踪装置加上算法可以得到眼神注意区域、眨眼次数和瞳孔直径。研究中将感兴趣区(ROI)分为以下几个部分：前额，眼睛(左右)，鼻子和嘴。实验结果表明，ASD 患者更多会将很大部分的注意力放在不相关区域比如前额，而对照组(typically developing)则是把注意力更多放在情境相关的部位比如嘴巴；ASD 患者要花更长的时间来识别一个面部表情，同时对他们的结论更没有自信；ASD 患者的瞳孔直径更小，眨眼次数也更少。

Lorenzo, Lledó, Pomares 和 Roig (2016)则提出了一种沉浸式虚拟现实系统，用于提高和训练患有 ASD 的学生的情感技能。40 名(29 名男生，11 名女生)来自小学的 7~12 岁的 ASD 患者参与了该实验。实验中，不同的场景在一个 L 形状的“半洞穴”式屏幕上显示，利用 Vizard 软件可以设计虚拟场景。虚拟场景中的内容和人物可以根据 ASD 参与者的动作和行为进行改变，因此，必须对学生进行面部识别来检测学生的情绪，以便进行场景的更新。值得一提的是，这个系统(图 2)中加入了一个在末端操作器上带有摄像头的机器人来检测这些学生在进行 VR 环境的任务时每个时刻的面部表情，并使用 FaceDetect 软件，通过算法得到一个数值来确定和量化生气、开心、难过、惊讶这四种基本表情。这个相机获取的信息不仅用于更新沉浸式虚拟现实系统，还同时用于评价学生的行为是否正确。在进行实验的过程中，该计算

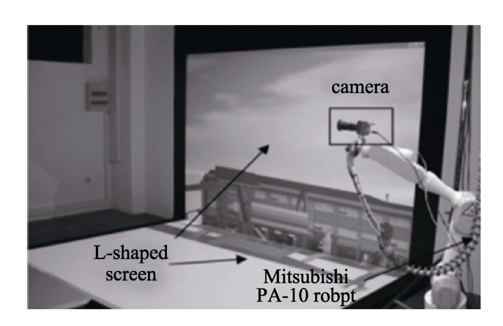


图 2 系统结构，包括 L 形状的“半洞穴式”屏幕和末端带有摄像头的机器人
(图片来源：Bekele et al., 2013)

机视觉系统会自动记录参与者表现出不当行为或者没有针对社交场景给出恰当地面部表情反应的次数。实验从 2006/2007 年就开始，进行问卷调研、信息收集、系统制作，2011 年开始正式的实验，实验训练有 4 个月，安排在学校课表之外的时间。实验团队和学生的老师预约了每个月的最后一天进行采访，了解学生的改变情况。

结果显示，沉浸式虚拟现实系统对于 ASD 患者获得和提高情绪能力是一个很有用的工具。不仅让患 ASD 的学生们学会识别比较复杂的面部表情，同时也教会他们在不同的场景下进行互动，并理解不同情境下的情绪表达。

2.3 社会功能治疗

ASD 诊断的一个核心症状就是社交障碍(Bangerter et al., 2017)，这会影响他们在实际生活中的关系建立和社群参与。传统的目标干预可以提高社交能力和社会认知，但是，大多数这样的干预都是基于分组的，这样就限制了 ASD 患者和 ASD 患者之外的人群进行互动的社交次数和时间。

Kandalaft, Didehbani, Krawczyk, Allen 和 Chapman (2013)在 Second life 中搭建了一个系统，让 8 名患有高功能自闭症谱系障碍的年轻成年人在历时 5 周的时间中完成了 10 段训练。当患者进入 VR 系统之后，教练(临床医生)会引导患者进入一个社交情景中，而辅助临床医生会在情景中扮演某个角色，他可以改变自己的形象和声音来适应这个角色需要。社交情景包括认识新朋友、解决和室友的纠纷、协商经济或是社交中遇到的问题、面试。在实验中，患者和辅助临床医生会在某个情景下进行社交，而教练会作为观察者对患者的社交表现进行记录，并在社交结束后针对患者的表现向他提一些结构化的问题，同时给出有指导意义的反馈，患者基于这一反馈进行下一步训练。10 段训练结束之后，参与者在语言和非语言识别以及心理理论(ToM)测试中的得分显著增加。在接下来 6 个月的电话调查中，所有的参与者都感觉在虚拟现实情景中的训练帮助他们获得了社交能力，使他们可以在现实生活中维持谈话。

除了社交沟通之外，职业功能作为社会功能的一个重要组成部分，也是 ASD 患者存在困难的典型方面。将近一半的 ASD 患者都有平均水平以上的智商，但是只有一小部分能找到工作。在一项针对患有高功能自闭症的成年人的研究中，就业被认为是“他们面对的最大的问题和障碍”(Hensel, 2017)。

面试通常是作为获得工作的重要途径，但是面试这一环节对于 ASD 患者来说是一个巨大的挑战。基于这点，Smith 等人(2014)设计了一个虚拟现实求职面试训练项目(图 3)，针对 26 名 18~31 岁的 ASD 患者进行训练。由于很多工作都要求在

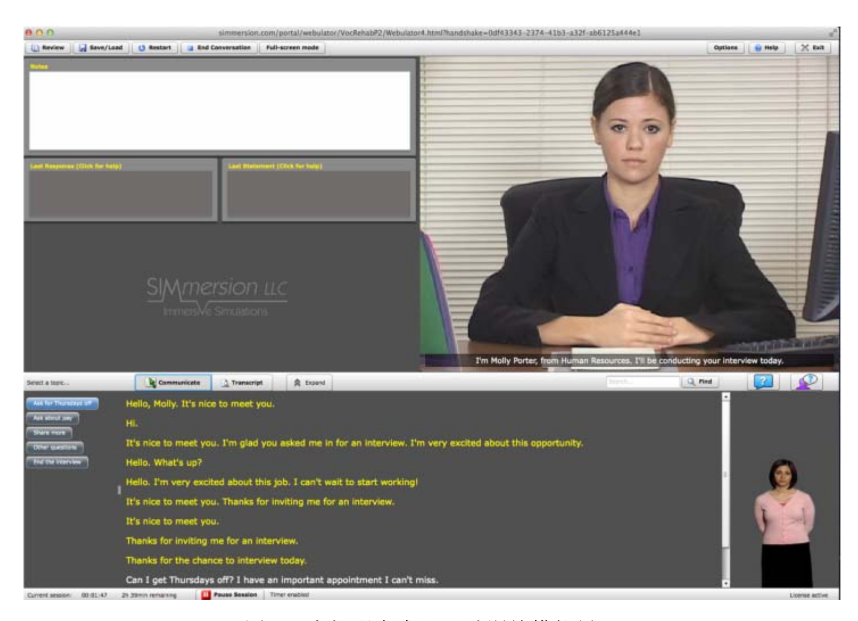


图 3　虚拟现实求职面试训练模拟界面
(图片来源：Smith et al., 2014)

线申请，这个项目会提供在线申请程序的训练，申请中将涵盖教育背景、工作经历、相关技能等信息，而虚拟现实求职面试中的模拟面试官将会针对这些信息询问问题。虚拟现实求职面试系统中采用了语音识别软件，训练者可以就针对面试官问题的相应回答进行练习。同时，系统提供了不同选项的回答，这些回答可以增强或者破坏与面试官的关系。这一方法的目的在于允许训练者通过犯错来改善他们的回答方式。此外，训练者可以回顾模拟问答的全过程，在这个过程中，回答中恰当和不恰当的地方都会被指出，训练者会得到相应的建议。

为了进行阶段性学习，系统提供了 3 个难度，分别是简单、中等和困难。在困难环节，面试官将无法容忍错误，并会问一些非法的问题。并且，面试官还会根据训练者之前的回答和与之建立的关系来改变她自己的行为和问题。当训练者诚实、尊敬地进行回答时，面试官会变得更加温和，反之面试官则会变得生硬并有轻视意味。通过这样动态的体验，训练者能有更全面和互动的学习体验。

该实验验证了虚拟现实技术用于求职面试训练的可行性和有效性，结果表明，虚拟现实求职面试训练能够显著提高 ASD 患者的求职面试技巧、增强他们的求职信心。

3 局限与挑战

3.1 技术本身的局限性

技术本身的和临场感相关的特征会影响参与者在虚拟环境中反应和行为。这些特征包括在虚拟环境中的虚拟人物的特点：与人类的相似度，行为的真实度以及虚拟人物是由人还是计算机控制等等(Georgescu, Kuzmanovic, Roth, Bente & Kai, 2014)。此外还包括参与者和虚拟情景互动的方式，比如通过操纵杆、头戴式设备或是电脑桌面(Mikropoulos & Natsis, 2011)，而这些都与虚拟现实的软件技术和硬件技术密切相关。现阶段，由于技术所限，绝大多数虚拟场景中的虚拟人物还不能随着人物的语言和运动实时地显示出相应的面部表情(Kandalaft et al., 2013)，类人程度并不高，因此虚拟人物常常会影响用户对于社交临场感的体验，进而影响用户在虚拟现实场景中的互动。在较真实的场景中，参与者能够把虚拟场景和现实场景产生很强的联系，而在情景不那么真实的场合下则相反。比如，一个学生表示，在虚拟场景中他不会穿过邻居花园的草坪，因为这会把他的鞋弄脏，但是却直接从咖啡店中正在交谈的两个人中间穿过，因为他觉得这两个人“不是真实的”因此这样做“没有关系” (Parsons, 2016)。

3.2 实验方法的局限性

在虚拟现实技术用于自闭症谱系障碍治疗的相关实验中，研究人员会针对研究目标设计实验方法，包括实验平台目标功能的设计、虚拟现实干预的选择和设计、虚拟现实交互过程的设计等。尽管虚拟现实相比于传统干预治疗有很多优势，但在实验方法上仍然存在一些不足：

第一，现有的用于治疗自闭症谱系障碍的虚拟现实实验平台大多都只是训练特定方面的能力，比如情绪识别能力、空间感知能力、社交技能、面试技能等等，但本质上，自闭症谱系障碍有一系列的伴随症状，而这些伴随症状相互影响，在实验中只针对单独一项进行讨论会有一定的误差。

第二，某些虚拟现实场景虽然对 ASD 患者的症状进行了针对性设计，但在日常生活中并不具有代表性，因此研究结论一般化到现实生活中的有效性还有待商榷。

第三，在虚拟场景的设计中，尤其是当交互对象是由机器控制的虚拟人物时，有的交互会显得过于剧本化，不能激发人的自然交互行为。并且大多数虚拟现实交互都是单人在虚拟环境中进行，也不能很好地模拟现实的社交情景(Didehbani, Allen, Kandalaft, Krawczyk, & Chapman, 2016)。

3.3 人本身的多样化带来的挑战

事实上，个体行为存在差异性。患者在虚拟环境中的反应和患者本身的人格特征(Hammick & Lee, 2014)，以及对这个技术的熟悉度和期望度等多种因素相关。

首先，每个人对虚拟现实技术的接受程度并不相同，虽然大多数 ASD 患者在虚拟现实场景中都表现出更强烈的兴趣和参与意愿，但是也有研究表明，利用 HMD 进行虚拟现实实验可能会造成参与者的头晕或者恶心等症状(Newbutt et al., 2016)。

其次，在对一百多名 7~30 岁的 ASD 患者和正常人的对比研究(Alaerts et al., 2015)中显示，在自闭症谱系障碍患者的不同功能回路中有明显的发展轨迹，这反映了他们所构成的社会认知过程中与年龄相关的变化。不同的年龄阶段 ASD 症状

的标准都是不同的，这也就是为什么我们发现，在利用虚拟现实技术对 ASD 患者进行治疗的相关研究中，针对不同的年龄阶段的患者群体会设置不同的场景和方法，或者针对不同的年龄阶段患者，如儿童 ASD 患者(Ke & Im, 2013; Lahiri, Bekele, Dohrmann, Warren, & Sarkar, 2013; Wang et al., 2014)、成人 ASD 患者(Kandalaft et al., 2013; Smith et al., 2014; Yang et al., 2017)等进行独立研究。

同时，即使在同一年龄阶段，实验研究也显示，由于个体差异，ASD 患者在虚拟现实场景中的个体反应方式和行为模式都有所不同(Schmidt, Laffey, Schmidt, Wang, & Stichter, 2012)，有时候这种不同会直接导致实际结果和预期结果的差异化(Stichter, Laffey, Galyen, & Herzog, 2014)。

人行为的多样性、难预测性，以及 ASD 患者本身的症状和程度的不同，都增加了实验设计的难度，影响实验结果的可靠性和可移植性。

4　研究展望

4.1　研究更透彻的生理机制

现在的 ASD 虚拟现实系统的主要研究集中在用户表现或者用户反馈上，很少去研究其生理机制。而 ASD 患者在行为表现中的生理机制可以帮助研究者进一步完善虚拟现实平台的建立，因此有着重要的意义。

由于 ASD 成年患者在社会交流上存在障碍，因此让他们识别、描述或者表现出特定的内在感情状态本身就有一定挑战，而生理指标很少受这些障碍的影响，因此这些指标可以成为评价 ASD 患者心理状态的有效参数。已经有研究(Bekele et al., 2013)就利用了心电图(ECG)、脉冲图(PPG)、皮肤温度(SKT)、皮肤电反应(GSR)这四项指标，综合分析了 ASD 儿童患者在识别面部表情成功或者失败的情况下的不同生理模式。

通过将心理上的定性指标变为生理上的定量指标，研究者可以进一步对 ASD 患者的情绪触发方式和行为表征背后的生理原因进行更可靠的分析。

4.2　注重虚拟现实技术的提升

针对技术的局限性，在技术方面，可以着重于两个方面的提升，一个方面是行为真实性，也就是虚拟场景中的人和其他物体的行为和他们在真实世界行为的相似程度；另一个方面是社交临场感，也就是参与者认为他和虚拟场景中的人物互动与物理世界中与他人互动的相似程度(Parsons, 2016)。

行为真实性和社交临场感都需要通过虚拟现实系统的硬件和软件协同作用。硬件上，使用更轻便一体化的设备，甚至在未来可以采用贴合皮肤的微传感器进行操作和感知，让患者感觉设备就是自己的一部分，从而增加自己的沉浸感。软件上，通过计算机编程创造更为逼真的虚拟现实场景，设计更加人性化的交互过程，在最初阶段，技术限制使得系统并不能完全实现患者和虚拟人物实时的自然交互，这种情况下可以让现实世界中的人登录虚拟现实系统并扮演其中一个虚拟人物的角色，从而让患者与虚拟人物的交互和现实中人的交互一样，增强他们的社交临场感。

4.3　采用人工智能等高端科技

随着时代的发展，心理学和计算机科学不再是两个独立的学科。由于心理学涉及人的问题，这一问题的复杂性恰好为人工智能的应用提供了契机。人工智能就是让机器学会类人思考和反应，尤其是归纳和综合能力。由于计算机的运行速度变快、存储容量变大，计算机人工智能的程度也越来越高。Wall, Dally, Luyster, Jung 和 DeLuca (2017)提出将人工智能如机器学习应用于 ASD 的诊断中，这种诊断方法在大大缩短时间的同时保证了 99.9%的统计准确率。将这一成果进一步发展，在计算机中海量存储心理疾病的症状及相关治疗方法，并使用云平台和大数据分析的方法使得计算机能够“对症下药”，患者可以不用和治疗师交流，而在计算机的帮助下判断自己的心理状态并找到正确的治疗方法。

再者，就虚拟现实技术在 ASD 治疗这一个方面而言，计算机可以记录并分析患者在虚拟现实平台训练中的表现情况，掌握患者的基本情况，通过机器学习来预判患者需要的下一步训练，并以此为根据更新虚拟现实系统中的相关场景或变换治疗方法。将人工智能用于治疗 ASD 的虚拟现实系统中，可以让患者产生更自然的交互感，从而解决实验方法局限性中存在的交互剧本化的问题。此外，由于系统将针对患者的表现进行场景更改，因此能够对不同患者进行个性化处理，一定程度也能解决人的多样性带来的问题。

4.4　实现系统普适化和定制化双向发展

大多数虚拟现实干预都是针对一个固有的年

龄阶段，目前没有能涵盖所有年龄段的虚拟现实训练平台，普适性不强。如果能提供普适性的虚拟现实系统，不仅可以降低费用，也可以让 ASD 患者能更方便地接受治疗。针对这点，Didehbani 等(2016)提出可以通过改变虚拟现实系统中社交场景的内容和难度，使之能够适应不同年龄阶层的人。但同时，每个患者的症状也有明显区别，对于有的患者，有必要根据他的个人特征和患病历史进行个性化的设置。因此，如果希望用于 ASD 治疗的虚拟现实训练系统能够商品化，可以仿照一些商品品牌的模式，将普适化和定制化相结合，以适应各种用户患者的需求。而这也是解决人的多样性带来的局限性所要经过的必要阶段。

参考文献

肖福芳，申荷永. (2010). 自闭症谱系障碍的患病现状与研究综述. *教育导刊,* (7), 57−60.

徐大真，侯佳，孔存慧. (2009). 自闭症治疗理论与方法研究综述. *国际精神病学杂志, 36*(2), 115−119.

杨广学，尤娜. (2008). 自闭症"地板时间"疗法(Ⅱ): 象征游戏和逻辑智慧. *中国特殊教育,* (12), 63−67.

姚玲玉，李晶. (2016). 虚拟现实技术及其在临床心理学的应用. *心理技术与应用, 4*(12), 763−768.

游立雪，李勋祥. (2016). 虚拟技术在心理治疗中的应用研究. *数字技术与应用,* (11), 77−79.

Alaerts, K., Nayar, K., Kelly, C., Raithel, J., Milham, M. P., & Di Martino, A. (2015). Age-related changes in intrinsic function of the superior temporal sulcus in autism spectrum disorders. *Social Cognitive and Affective Neuroscience, 10*(10), 1413−1423.

Bangerter, A., Ness, S., Aman, M. G., Esbensen, A. J., Goodwin, M. S., Dawson, G., … Pandina, G. (2017). Autism behavior inventory: A novel tool for assessing core and associated symptoms of autism spectrum disorder. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry,*

Bekele, E., Zheng, Z., Swanson, A., Crittendon, J., Warren, Z., & Sarkar, N. (2013). Understanding how adolescents with autism respond to facial expressions in virtual reality environments. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, 19*(4), 711−720.

Botella, C., Serrano, B., Baños, R. M., & Garcia-Palacios, A. (2015). Virtual reality exposure-based therapy for the treatment of post-traumatic stress disorder: A review of its efficacy, the adequacy of the treatment protocol, and its acceptability. *Neuropsychiatric Disease and Treatment, 11*, 2533−2545.

Breen, J., & Hare, D. J. (2017). The nature and prevalence of catatonic symptoms in young people with autism. *Journal of Intellectual Disability Research, 61*(6), 580−593.

Campatelli, G., Federico, R. R., Apicella, F., Sicca, F., & Muratori, F. (2013). Face processing in children with ASD: literature review. *Research in Autism Spectrum Disorders, 7*(3), 444−454.

Didehbani, N., Allen, T., Kandalaft, M., Krawczyk, D., & Chapman, S. (2016). Virtual reality social cognition training for children with high functioning autism. *Computers in Human Behavior, 62*, 703−711.

Ke F. F., & Im, T. (2013). Virtual-reality-based social interaction training for children with high-functioning autism. *The Journal of Educational Research, 106*(6), 441−461.

Georgescu, A. L., Kuzmanovic, B., Roth, D., Bente, G., & Kai, V. (2014). The use of virtual characters to assess and train non-verbal communication in high-functioning autism. *Frontiers in Human Neuroscience, 8*, 807.

Hammick, J. K., & Lee, M. J. (2014). Do shy people feel less communication apprehension online? The effects of virtual reality on the relationship between personality characteristics and communication outcomes. *Computers in Human Behavior, 33*, 302−310.

Hensel, W. F. (2017). People with autism spectrum disorder in the workplace: An expanding legal frontier. *Harvard Civil Rights-Civil Liberties Law Review, 52*(1), 73−102.

Ip, H. H. S., Wong, S. W. L., Chan, D. F. Y., Byrne, J., Li, C., Yuan, V. S. N., … Wong, J. Y. W. (2016). Virtual reality enabled training for social adaptation in inclusive education settings for school-aged children with Autism Spectrum Disorder (ASD). In S. Cheung, L. Kwok, J. Shang, A. Wang, & R. Kwan (Eds.), *Blended learning: Aligning theory with practices*. Switzerland: Springer International Publishing.

Jang, J., Matson, J. L., Williams, L. W., Tureck, K., Goldin, R. L., & Cervantes, P. E. (2013). Rates of comorbid symptoms in children with ASD, ADHD, and comorbid ASD and ADHD. *Research in Developmental Disabilities, 34*(8), 2369−2378.

Jitlina, K., Zumbo, B., Mirenda, P., Ford, L., Bennett, T., Georgiades, S., … Elsabbagh, M. (2017). Psychometric properties of the spence children's anxiety scale: Parent report in children with autism spectrum disorder. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 1−10, doi: 10.1007/s10803-017-3110-8.

Kandalaft, M. R., Didehbani, N., Krawczyk, D. C., Allen, T. T., & Chapman, S. B. (2013). Virtual reality social cognition training for young adults with high-functioning autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders,*

43(1), 34−44.

Lahiri, U., Bekele, E., Dohrmann, E., Warren, Z., & Sarkar, N. (2011). Design of a virtual reality based adaptive response technology for children with autism spectrum disorder. In S. D'Mello, A. Graesser, B. Schuller, & J. C. Martin (Eds.), *International conference on affective computing and intelligent interaction* (pp. 165−174). Berlin, Heidelberg: Springer.

Levy, F., Leboucher, P., Rautureau, G., & Jouvent, R. (2016). E-virtual reality exposure therapy in acrophobia: A pilot study. *Journal of Telemedicine and Telecare, 22*(4), 215−220.

Lorenzo, G., Lledó, A., Pomares, J., & Roig, R. (2016). Design and application of an immersive virtual reality system to enhance emotional skills for children with autism spectrum disorders. *Computers & Education, 98*, 192−205.

Lozier, L. M., Vanmeter, J. W., & Marsh, A. A. (2014). Impairments in facial affect recognition associated with autism spectrum disorders: A meta-analysis. *Development and Psychopathology, 26*(4), 933−945.

Maskey, M., Lowry, J., Rodgers, J., McConachie, H., & Parr, J. R. (2014). Reducing specific phobia/fear in young people with autism spectrum disorders (ASDs) through a virtual reality environment intervention. *PLoS One, 9*(7), e100374.

Matson, J. L., Rieske, R. D., & Williams, L. W. (2013). The relationship between autism spectrum disorders and attention-deficit/hyperactivity disorder: An overview. *Research in Developmental Disabilities, 34*(9), 2475−2484.

Mikropoulos, T. A., & Natsis, A. (2011). Educational virtual environments: A ten-year review of empirical research (1999–2009). *Computers & Education, 56*(3), 769−780.

Nararro-Haro, M. V., Hoffman, H. G., Garcia-Palacios, A., Sampaio, M., Alhalabi, W., Hall, K., & Linehan, M. (2016). The use of virtual reality to facilitate mindfulness skills training in dialectical behavioral therapy for borderline personality disorder: A case study. *Frontiers in Psychology, 7*, 1573.

Newbutt, N., Sung, C., Kuo, H.-J., Leahy, M. J., Lin, C.-C., & Tong, B. Y. (2016). Brief report: A pilot study of the use of a virtual reality headset in autism populations. *Journal of Autism and Developmental Disorders, 46*(9), 3166−3176.

Parsons, S. (2016). Authenticity in virtual reality for assessment and intervention in autism: A conceptual review. *Educational Research Review, 19*, 138−157.

Raghav, K., van Wijk, A., Abdullah, F., Islam, M. N., Bernatchez, M., & de Jongh, A. (2016). Efficacy of virtual reality exposure therapy for treatment of dental phobia: A randomized control trial. *BMC Oral Health, 16*, 25.

Riva, G. (2009). Virtual reality: An experiential tool for clinical psychology. *British Journal of Guidance & Counselling, 37*(3), 337−345.

Schmidt, M., Laffey, J. M., Schmidt, C. T., Wang, X. H., & Stichter, J. (2012). Developing methods for understanding social behavior in a 3D virtual learning environment. *Computers in Human Behavior, 28*(2), 405−413.

Shattuck, P. T., Narendorf, S. C., Cooper, B., Sterzing, P.R., Wagner, M., & Taylor, J. L. (2012). Postsecondary education and employment among youth with an autism spectrum disorder. *Pediatrics, 129*(6), 1042−1049.

Shiban, Y., Schelhorn, I., Pauli, P., & Mühlberger, A. (2015). Effect of combined multiple contexts and multiple stimuli exposure in spider phobia: A randomized clinical trial in virtual reality. *Behaviour Research and Therapy, 71*, 45−53.

Smith, M. J., Ginger, E. J., Wright, K., Wright, M. A., Taylor, J. L., & Humm, L. B., … Fleming, M. F. (2014). Virtual reality job interview training in adults with autism spectrum disorder. *Journal of Autism and Developmental Disorders, 44*(10), 2450−2463.

Sohn, B. K., Hwang, J. Y., Park, S. M., Choi, J.-S., Lee, J.-Y., & Lee, J. Y., & Jung, H.-Y. (2016). Developing a virtual reality-based vocational rehabilitation training program for patients with schizophrenia. *Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking, 19*(11), 686−691.

Stichter, J. P., Laffey, J., Galyen, K., & Herzog, M. (2014). iSocial: Delivering the social competence intervention for adolescents (SCI-A) in a 3D virtual learning environment for youth with high functioning autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders, 44*(2), 417−430.

Valmaggia, L. R., Latif, L., Kempton, M. J., & Rus-Calafell, M. (2016). Virtual reality in the psychological treatment for mental health problems: An systematic review of recent evidence. *Psychiatry Research, 236*, 189−195.

Wall, D. P., Dally, R., Luyster, R., Jung, J.-Y., & DeLuca, T. F. (2012). Use of artificial intelligence to shorten the behavioral diagnosis of autism. *PLoS One, 7*(8), e43855.

Wang, J., Wang, Q., Peng, J. L., Nie, D., Zhao, F., Kim, M., … Shen, D. G. (2017). Multi-task diagnosis for autism spectrum disorders using multi-modality features: A multi-center study. *Human Brain Mapping, 38*(6), 3081–3097.

Wang, X., Desalvo, N., Gao, Z. M., Zhao, X., Lerman, D. C., Gnawali, O., & Shi, W. D. (2014). Eye contact conditioning in autistic children using virtual reality technology. In P. Cipresso, A. Matic, & G. Lopez (Eds.), *International symposium on pervasive computing paradigms for mental health* (pp. 79−89). Cham: Springer.

Wingenbach, T. S. H., Ashwin, C., & Brosnan, M. (2017). Diminished sensitivity and specificity at recognising facial emotional expressions of varying intensity underlie emotion-specific recognition deficits in autism spectrum disorders. *Research in Autism Spectrum Disorders, 34*, 52−61.

Yang, Y. J. D., Allen, T., Abdullahi, S. M., Pelphrey, K. A., Volkmar, F. R., & Chapman, S. B. (2017). Brain responses to biological motion predict treatment outcome in young adults with autism receiving virtual reality social cognition training: Preliminary findings. *Behaviour Research and Therapy, 93*, 55−66.

Virtual reality technology in the psychological treatment for autism spectrum disorders: An systematic review

LIN Yiqi[1], WANG Xi[2,3], PENG Kaiping[1,2], NI Shiguang[3]

([1] *Tsinghua-Berkeley Shenzhen Insititute, ShenZhen* 518055, *China*)

([2] *Department of Psychology, Tsinghua University, Beijing* 100084, *China*)

([3] *Graduate School at Shenzhen, Tsinghua University, ShenZhen* 518055, *China*)

Abstract: Autism spectrum disorders (ASD) treatment is an important part of psychological treatment, but the conventional intervention psychotherapy has its limitations. Virtual reality (Virtual Reality, VR) technology has been shown to have promising applications in the field of psychological treatment and has distinct advantages over existing ASD treatments thanks to its ability to take into account the specific characteristics of ASD patients. This paper discusses the potential of virtual reality technology in the treatment of autism spectrum disorder and the current applications of VR technology for the therapeutic treatment of specific fears, emotion recognition, and social function in ASD patients. It also discusses the limitations of current VR experimental methods and the challenges associated with the research of VR on a growing variety of patients. Potential applications of virtual reality technology on ASD treatment are analyzed using a thorough psychological mechanism and demonstrate the need to upgrade virtual reality technology, artificial intelligence, and other high-end technology so as to optimize enhance human-computer interaction. Future commercialization efforts will also require VR systems to be both universal but also customizable so that they may cater to different patient characteristics.

Key words: virtual reality technology; autism spectrum disorders; psychotherapy